



(51) МПК  
*H01B 9/02* (2006.01)  
*F16L 53/00* (2006.01)  
*H05B 3/56* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012120428/07, 01.11.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 01.11.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
 30.10.2009 NO 20093260

(43) Дата публикации заявки: 10.12.2013 Бюл. № 34

(45) Опубликовано: 10.05.2015 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
 поиске: WO2009128725A1, 22.10.2009 .  
 US2007044992A1, 01.03.2007. US2005123254A1,  
 09.06.2005. RU71807 U1, 20.03.2008. EA10658  
 B1, 30.10.2008

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
 национальной фазе: 30.05.2012

(86) Заявка РСТ:  
 NO 2010/000395 (01.11.2010)

(87) Публикация заявки РСТ:  
 WO 2011/059337 (19.05.2011)

Адрес для переписки:  
 191036, Санкт-Петербург, а/я 24, "НЕВИНПАТ"

(72) Автор(ы):

**ФЬЕЛЛЬНЕР Арве (NO),  
 ХЕГГДАЛЬ Оле А. (NO)**

(73) Патентообладатель(и):

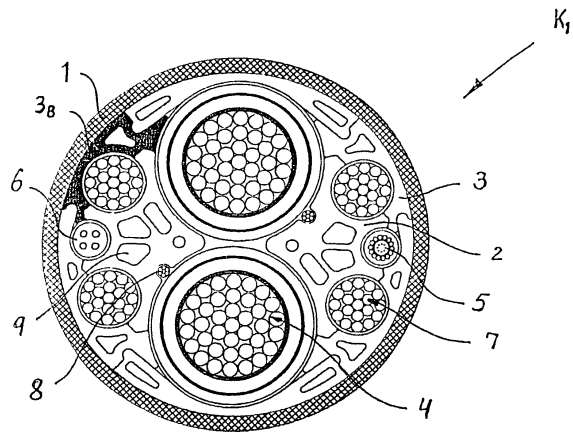
**Акер Сабси АС (NO)**

(54) ИНТЕГРИРОВАННЫЙ СОСТАВНОЙ КАБЕЛЬ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к интегрированному составному кабелю высокой мощности. Интегрированный составной силовой кабель ( $K_1$ ) включает по меньшей мере один силовой кабель (4) для передачи больших объемов электрической энергии/мощности и заполняющий материал (2, 3) в виде жестких удлиненных пластиковых элементов, уложенных по меньшей мере частично вокруг и между упомянутых силовых кабелей (4). Посредством операции укладки и фиксирования эти элементы собраны вместе в витую скрутку, которая, в свою очередь, заключена в защитную

оболочку (1). По меньшей мере один из окружающих элементов, то есть заполняющий материал (2, 3) или оболочка (1), выполнены из полупроводникового материала, который способен отводить емкостные токи, возникающие в упомянутом составном силовом кабеле ( $K_1$ ), когда упомянутый по меньшей мере один силовой кабель (4) передает большие объемы электрической энергии/мощности. Изобретение повышает механическую защищенность силового кабеля. 10 з.п. ф-лы, 13 ил.



Фиг. 1

RU 2550251 C2

RU 2550251 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H01B 9/02* (2006.01)  
*F16L 53/00* (2006.01)  
*H05B 3/56* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012120428/07, 01.11.2010

(24) Effective date for property rights:  
01.11.2010

Priority:

(30) Convention priority:  
30.10.2009 NO 20093260

(43) Application published: 10.12.2013 Bull. № 34

(45) Date of publication: 10.05.2015 Bull. № 13

(85) Commencement of national phase: 30.05.2012

(86) PCT application:  
NO 2010/000395 (01.11.2010)

(87) PCT publication:  
WO 2011/059337 (19.05.2011)

Mail address:

191036, Sankt-Peterburg, a/ja 24, "NEVINPAT"

(72) Inventor(s):

**FJELLNER Arve (NO),  
HEGGDAL Ole A. (NO)**

(73) Proprietor(s):

**Aker Subsea AS (NO)**

(54) **HIGH POWER INTEGRATED COMPOSITE CABLE**

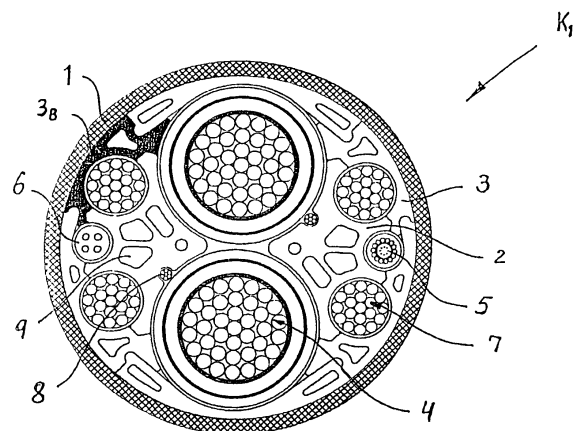
(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to the integrated compound high power cable. The integrated compound power cable ( $K_1$ ) comprises at least one power cable (4) for transmission of large volumes of electric energy/power and the filling material (2, 3) implemented as a rigid extended plastic elements laid at least partially around and between the named power cables (4). By means of laying and fixing these elements are collected into a twisted pair which, in turn, is enclosed in a protective shell (1). At least one of surrounding elements, namely the filling material (2, 3) or the shell (1), are made of semiconductor material which is capable to repel capacitor currents occurring in the named composite power cable ( $K_1$ ) when the named power cable (4), at least one, transfers large volumes of electric energy/power.

EFFECT: invention improves mechanical security of the power cable.

11 cl, 13 dwg



Фиг. 1

RU 2 550 251 C 2

RU 2 550 251 C 2

Настоящее изобретение относится к интегрированному составному кабелю высокой мощности, включающему набор кабелей высокой мощности для передачи больших объемов электрической энергии/мощности, заполняющий материал в виде жестких удлинённых пластиковых элементов/профильных элементов, расположенных по меньшей мере частично вокруг и между упомянутых кабелей высокой мощности, которые при этом совместно собраны в витую скрутку посредством операции укладки и фиксирования, а также защитную оболочку, которая включает упомянутые кабели высокой мощности и упомянутый заполняющий материал.

Исходно, целью настоящего изобретения было получение механически защищенного силового кабеля, специально изготовленного в качестве ДЕН-кабеля (Direct Electric Heating, прямой электрический нагрев) и спроектированного для использования в море. Упомянутые ДЕН-кабели используют для нагрева трубопроводов, транспортирующих добываемые углеводородные соединения, для предотвращения их гидратизации. Например, ДЕН-кабель может быть надежно закреплен на трубопроводе - так называемое решение «пиггибек» (Piggyback). ДЕН-кабель является первым проводником, а собственно трубопровод - вторым проводником в системе нагрева. Подобная система нагрева предложена и описана более подробно в документе NO 323516.

Общеизвестно, что если к проводнику приложить переменный ток (alternating current, AC), то между металлическим проводником и его окружением (находящейся на расстоянии земель) появится емкость. Возникающий в результате емкостный переменный ток называют током заряда.

Традиционно, упомянутые высоковольтные силовые кабели проектировались с включением кабельной брони и кабельной оплетки или так называемого экрана. Экран вводят для устранения и отвода емкостных токов, возникающих при эксплуатации упомянутых высоковольтных кабелей и передаче больших объемов электрической энергии/мощности. В настоящем изобретении это решено другим способом, причем указанное решение спроектировано в связи с существующими составными кабелями высокой мощности. Существующие составные кабели высокой мощности по существу имеют упомянутую выше механическую защиту, а именно заполняющий материал в виде жестких удлинённых пластиковых элементов/профильных элементов.

Причина, по которой необходим другой способ решения проблемы экранирования, среди прочего, заключается в следующем. В случае кабеля, лежащего на морском дне и поднимающегося на плавучее основание, кабель должен проходить через динамическую зону, как правило, в области морской поверхности. Кабель, эксплуатируемый в упомянутой динамической зоне, испытывает нежелательные перемещения (из-за волн, ветра, течений и т.п.), что со временем порождает усталость материалов, в частности, упомянутой кабельной оплетки, которая спроектирована для решения проблемы емкостных токов. Если кабель обладает большим диаметром, а оплетка при этом расположена далеко от центральной оси кабеля, то оплетка в динамической зоне будет особенно подвержена повреждениям и последующему разрушению вследствие усталости. Соответственно, существует острая необходимость замены подобной кабельной оплетки, которая обычно представляет собой толстую медную фольгу или другой подходящий металлический материал.

Тем или иным образом емкостные токи, возникающие в морских подводных кабелях, необходимо отводить в окружающую морскую воду, чтобы ограничить аксиальные емкостные токи в поперечном сечении кабеля и накопление потенциала относительно внешней оболочки.

Неожиданно было обнаружено, что описанные профильные элементы и внешняя

оболочка составного кабеля могут быть выполнены из материала с ярко выраженными полупроводниковыми свойствами и могут использоваться совместно с настоящим составным силовым кабелем. Вместе с морской водой, присутствующей в поперечном сечении, они будут отводить ток по всей длине составного кабеля.

5 Перенос тока между трубопроводом и морской водой происходит через аноды, при этом ток в морской воде протекает параллельно трубе. Длина зоны переноса определяется законами физики и обычно составляет 50 м для применений с частотой тока 60 Гц (см. фиг.13). Необходимы сложные электромагнитные вычисления для  
10 получения распределения тока между трубопроводом и морской водой. Упомянутые вычисления связаны с такими физическими законами, как "эффект соседа" и "поверхностный эффект".

Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением предложен интегрированный составной кабель высокой мощности описанного во вводной части типа, который отличается тем, что по меньшей мере один из окружающих элементов,  
15 то есть заполняющий материал или оболочка, выполнен из полупроводникового материала, при этом упомянутый полупроводниковый материал способен отводить, или рассеивать, емкостные токи, возникающие в упомянутом кабеле высокой мощности при передаче упомянутым кабелем высокой мощности больших объемов электрической энергии/мощности.

20 Следует, однако, отметить, что упомянутый составной силовой кабель, в соответствии с настоящим изобретением, может быть выполнен во множестве вариантов его осуществления, специально адаптированных к конкретной области использования составного кабеля. Общей их особенностью является то, что они должны обладать хорошей способностью рассеивать или отводить емкостные токи без применения  
25 металлического экрана, как делалось ранее. Упомянутая хорошая способность отводить емкостные токи достигается, помимо прочего, путем использования экструдированных профильных элементов, обладающих одновременно хорошей способностью обеспечивать механическую защиту передающего ток кабеля, а также выступать в роли полупроводника, который способствует отводу емкостных токов.

30 В дополнение, интегрированный составной кабель высокой мощности может быть дополнительно обработан для повышения рассеивания емкостных токов. Это главным образом достигается за счет того, что формируют радиально направленные каналы через внешнюю оболочку кабеля и экструдированные полые профильные элементы, так что морская вода присутствует внутри упомянутых профильных элементов, а  
35 упомянутые отверстия, выполненные в радиальном направлении, сами образуют пути сообщения для отвода, или рассеивания, емкостных токов.

В качестве еще одного варианта, упомянутый составной кабель высокой мощности может быть оснащен оптоволоконным проводником для непрерывного контроля состояния упомянутого составного кабеля. При слишком большом тепловыделении  
40 температура упомянутого оптоволоконного проводника повысится, а это, в свою очередь, подаст сигнал на станцию контроля, которая выполняет измерения для остановки тока.

Нововведения и преимущества упомянутых кабелей состоят в следующем:

- 45 - Кабель обладает более высокой эффективностью по сравнению с другими кабелями вследствие пониженных потерь энергии
- Применение полупроводниковых кабелей в составных кабелях высокой мощности (с функциями управления)
- Использование подобной структуры кабелей в динамических составных кабелях

высокой мощности обеспечивает увеличенный срок эксплуатации и препятствует появлению усталости

- Использование подобной структуры кабелей в динамических составных кабелях высокой мощности позволяет получить надежные глубоководные решения
- 5 - Использование удлиненных металлических элементов для отвода емкостных токов по всей длине составного кабеля
- Использование полупроводниковых осевых профилей для получения контакта между однофазными или трехфазными кабелями высокой мощности
- Использование упомянутых профилей в качестве дополнительной защиты кабелей
- 10 и в качестве осевого усиления

Новый кабель позволяет обеспечить следующее:

- Уменьшенную сложность кабеля
- Пониженные эффективные потери
- Прочный и устойчивый к воздействиям кабель
- 15 - Сниженные индуктивные потери (10-20%) в кабеле
- Пониженное тепловыделение в трубопроводе I-pipe (динамические приложения)
- Уменьшенный диаметр и вес составного кабеля
- Большую длину без соединений или стыков
- Меньшую стоимость
- 20 - Более простую установку
- Значительно улучшенные усталостные свойства
- Применимость во всех диапазонах напряжения
- Поперечное сечение кабеля до 2000 мм<sup>2</sup>
- Расчетный срок службы 30 лет

25 Таким образом, упомянутый интегрированный составной кабель высокой мощности включает высоковольтные силовые кабели без традиционной брони и экранирования. В составном кабеле применяют кабели только с полупроводниковой внешней оболочкой. Емкостные токи отводят через упомянутую внешнюю оболочку кабеля и выводят в

30 море. Емкостные токи устраняют путем замыкания друг с другом по длине. Отсутствие контакта с морской водой/землей, вероятно, приведет к немедленному уничтожению и расплавлению полупроводниковой оболочки. Также полупроводниковые кабели не имеют стальной брони или экрана, однако имеют жесткие удлиненные пластиковые элементы для статических или динамических применений, которые никогда не применялись ранее. Данное решение подходит как для длинных статических кабелей/

35 составных кабелей, так и для коротких динамических кабелей/составных кабелей.

Предпочтительно упомянутые электрические кабели высокой мощности, заполняющий материал и по меньшей мере один электрический проводник могут быть уложены в SZ-скрутку и зафиксированы, то есть поочередно уложены и зафиксированы

40 в постоянно изменяющемся направлении, по всей длине упомянутого составного кабеля высокой мощности или по ее части, в сочетании с тем, что упомянутая уложенная и зафиксированная SZ-скрутка удерживается по существу жесткой при кручении с помощью защитной оболочки. В качестве альтернативы, интегрированный составной кабель высокой мощности может быть уложен и зафиксирован традиционным способом

45 в спираль с относительно большой длиной витка.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения жесткие удлиненные пластиковые элементы или защитная внешняя оболочка выполнены из полупроводникового материала, например полиэтилена (PE) с содержанием углерода, поливинилхлорида (PVC), полипропилена (PP) или акрилонитрил-бутадиен-стирола

(ABS)

Упомянутые жесткие удлиненные пластиковые элементы могут включать проложенные в продольном направлении каналы для приема морской воды, при этом упомянутая защитная внешняя оболочка может включать по существу радиально направленные каналы, связанные с упомянутыми продольно направленными каналами, при этом упомянутая морская вода образует полупроводник для отвода, или рассеяния, емкостных токов, генерируемых в составном кабеле высокой мощности.

В одном из вариантов осуществления настоящего изобретения в упомянутом составном кабеле высокой мощности может быть размещен по меньшей мере один оптоволоконный проводник, который может непрерывно контролировать состояние составного кабеля высокой мощности, причем в случае разрыва будет сформирован сигнал предупреждения.

Упомянутые жесткие удлиненные пластиковые элементы могут иметь каналы в виде отверстий, прорезей, щелей и т.п., так что морская вода может отводить, или рассеивать, емкостные токи в окружающую морскую воду.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения, или в качестве дополнения, электрические силовые кабели высокой мощности могут представлять собой трехфазные кабели, причем трехфазные кабели расположены в виде треугольника в поперечном сечении составного кабеля и при этом они контактируют либо друг с другом, либо с полупроводниковыми профилями.

В более сложном варианте осуществления настоящего изобретения составной кабель высокой мощности может включать электрические провода и/или оптоволоконные проводники, которые также уложены и зафиксированы в SZ-конфигурацию, и расположены внутри внешней оболочки, или, альтернативно, уложены и зафиксированы традиционным способом.

В дополнение, он может включать по меньшей мере один несущий нагрузку элемент с заранее заданным расположением в поперечном сечении составного кабеля высокой мощности, при этом упомянутый элемент (элементы) также уложен и зафиксирован в SZ-конфигурации, или, альтернативно, уложен и зафиксирован традиционным способом.

Составной кабель может также включать антиротационную, или упрочняющую, полосу, или ленту, которая в виде спирали обмотана вокруг упомянутой скрутки непосредственно под защитной оболочкой. Альтернативно, упрочняющая полоса, или лента, намотана в виде спирали вокруг упомянутой скрутки в два или более слоя, уложенные и зафиксированные в противоположных направлениях.

В возможных вариантах осуществления настоящего изобретения несущие нагрузку элементы могут представлять собой легкие стержни из композитного материала с введенными в них углеродными волокнами, так называемые стержни с углеродными волокнами, и/или стальные нити, стальную проволоку и/или канат из волокон и/или полиэфирный канат.

В ряде случаев составной силовой кабель может включать по меньшей мере одну трубку с текучей средой в его поперечном сечении, при этом упомянутая трубка может быть выполнена из металлического и/или пластикового материала, уложенного и зафиксированного в той же конфигурации, что и другие элементы.

В соответствии с настоящим изобретением предложен также интегрированный составной кабель высокой мощности, который отличается тем, что по меньшей мере один из окружающих элементов, то есть заполняющий материал или оболочка, выполнен из полупроводникового материала, который способен отводить, или рассеивать, емкостные токи, возникающие в упомянутом составном кабеле высокой мощности,

когда упомянутый составной кабель высокой мощности передает большие объемы электрической энергии/мощности, при этом в упомянутом составном кабеле высокой мощности размещен по меньшей мере один оптоволоконный проводник, который способен непрерывно контролировать состояние упомянутого составного кабеля высокой мощности, причем рост температуры будет формировать сигнал предупреждения. Удлинение волокна будет обеспечивать аналогичный сигнал о том, что составной кабель подвергается искривлению или повреждению.

Уникальная схема динамического составного кабеля, предложенная в настоящем изобретении, позволяет использовать данную технологию, поскольку кабели надежно защищены заполняющим материалом в виде удлиненных профильных канальных элементов. Без использования окружающих удлиненных пластиковых элементов/пластиковых профилей, кабели были бы слишком непрочные для нагрузок при их прокладке, а также для натяжений и напряжений при эксплуатации. Кабели имеют упрощенную структуру. Структура, или схема, кабеля обеспечивает механическую защиту и структурную прочность. Осевая прочность обеспечивается внешними, несущими нагрузку элементами, интегрированными в поперечное сечение. Структура, соответственно, не требует никаких дополнительных водных барьеров.

Полупроводниковые материалы являются новшеством, при этом они прошли испытания и показали прекрасные результаты. Полупроводниковые материалы являются также водонепроницаемыми при температуре до 90°C в течение 20 лет. Для более длительных сроков эксплуатации тестирование не проводилось. Для стандартных приложений передачи энергии расчетный срок службы составляет 30 лет.

В соответствии с предшествующим описанием, следует понимать, что возможны следующие альтернативы, отраженные в формуле изобретения, для отведения или направления емкостных токов в море:

- отвод емкостного тока вдоль кабеля внутри составного кабеля через металлический электрический проводник
- отвод емкостного тока через удлиненные пластиковые элементы составного кабеля и внешнюю оболочку путем применения полупроводникового пластикового материала в упомянутых пластиковых элементах и/или оболочке для отвода тока изнутри
- обеспечение открытия упомянутых пластиковых элементов и оболочки посредством отверстий и щелей таким образом, что вода может отводить токи в морскую воду
- трехфазные кабели размещают в виде треугольника или в контакте друг с другом, или с полупроводниковыми пластиковыми элементами.

Следует понимать, что возможны комбинации одной или более указанных выше альтернатив.

Другие или дополнительные цели, признаки и преимущества могут быть найдены в дальнейшем описании предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения, которое приведено для иллюстрации и дано в контексте приложенных чертежей, на которых:

Фиг.1 демонстрирует поперечное сечение динамического составного силового кабеля в соответствии с настоящим изобретением, который также является типичным для различных составных силовых кабелей предложенного типа,

Фиг.2 демонстрирует альтернативное поперечное сечение динамического составного силового кабеля в соответствии с настоящим изобретением, который также является типичным для других составных силовых кабелей предложенного типа,

Фиг.3 демонстрирует одножильный составной силовой кабель, который предназначен для использования в качестве ДЕН-кабеля (кабеля прямого электрического нагрева),



Фиг.4 демонстрирует одножильный составной силовой кабель, аналогичный кабелю, показанному на фиг.3, который также включает несущие нагрузку элементы в виде стержней с углеродными волокнами,

Фиг.5 демонстрирует трехжильный составной силовой ДЕН-кабель,

5 Фиг.6 демонстрирует двухжильный динамический составной ДЕН-кабель с большим количеством стержней с углеродными волокнами, специально спроектированный для глубоководного применения,

Фиг.7 демонстрирует комбинированный двухжильный динамический составной ДЕН-кабель и шестижильный высоковольтный кабель для подводного оборудования, который  
10 включает стержни с углеродными волокнами,

Фиг.8 демонстрирует двухжильный динамический составной ДЕН-кабель, включающий элементы груза,

Фиг.9 демонстрирует составной "пиггибек"-кабель на добывающем трубопроводе,

Фиг.10 схематически демонстрирует поперечное сечение составного ДЕН-кабеля с  
15 радиально направленным водяным каналом,

Фиг.11 схематически демонстрирует диаграммы тока и напряжения для различных расстояний между водяными каналами в продольном направлении составного кабеля и без оптоволоконного проводника в поперечном сечении,

Фиг.12 демонстрирует один из вариантов составного пиггибек-кабеля, показанного  
20 на фиг.9, и

Фиг.13 схематически показывает распределение электрического тока в ДЕН-системе.

В соответствии с показанным на фиг.1 вариантом осуществления настоящего изобретения составной силовой кабель  $K_1$ , который в общем описании обозначен  $K$ , состоит в основном из следующих элементов: скрутка удлиненных элементов, состоящих  
25 из внутренних и внешних канальных элементов 2, 3, силовые кабели 4 для переноса больших объемов электрической энергии/мощности, оптоволоконные проводники 5 и несущие нагрузку элементы 7, которые уложены и зафиксированы вместе в упомянутую скрутку. В дополнение, показан заполняющий материал 6, который уравнивает оптоволоконный кабель 5. Упомянутые укладка и фиксирование осуществляются в  
30 виде SZ-скрутки или как традиционная спиралевидная укладка и фиксирование. Внешние канальные элементы 3 могут быть выполнены, например, из поливинилхлорида (PVC), а внутренние канальные элементы 2 могут быть выполнены из полупроводникового материала. PVC-материал должен содержать примесь другого вещества, чтобы обладать свойствами полупроводника, например, может быть введена углеродная примесь.  
35 Силовые кабели 4 могут иметь полупроводниковую оболочку из полиэтилена. Несущие нагрузку элементы 7 могут быть выполнены в виде стальных проводов, или альтернативно, углеродных стержней, которые уложены в скрутку. Следует также понимать, что только один из канальных элементов 2, 3 обязательно должен быть выполнен из полупроводникового материала, тогда как оставшийся из канальных  
40 элементов 2, 3 может быть выполнен из традиционного PVC. На фиг.1 канальный элемент  $3_B$  черного цвета, например, может представлять собой полупроводниковый канальный элемент. Оптоволоконный проводник 5, образованный одним или более оптическими волокнами или нитями, предусмотрен для контроля температурных изменений или изменений длины волокон и в этих случаях способен сигнализировать  
45 об ошибках в составном кабеле  $K$ . Другими подходящими материалами могут быть, например, полипропилен (PP) или ABS.

В дополнение, в одном из вариантов осуществления настоящего изобретения составной силовой кабель  $K$  может включать по меньшей мере один металлический

электрический проводник, который на фиг.1 обозначен с использованием цифровой ссылки 8 и который показан в поперечном сечении составного силового кабеля К и проложен в продольном направлении составного силового кабеля К. Проводник или проводники 8 расположены отдельно и снаружи от силовых кабелей 4. Упомянутый по меньшей мере один проводник 8, как упоминалось, способен отводить емкостные токи, возникающие в силовом составном кабеле К при передаче больших объемов электрической энергии/мощности силовым кабелем 4.

Упомянутая уложенная и зафиксированная скрутка опционально может скрепляться и удерживаться на месте упрочняющей полосой. Внешнюю оболочку 1, например, из полиэтилена РЕ экструдируют поверх упомянутой скрутки. Полиэтилен с примесью углерода считается полупроводником. Как упоминалось ранее, в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения поперечное сечение может также включать трубки с текучей средой (не показаны).

Внутренние и внешние канальные элементы 2, 3 уложены по меньшей мере частично вокруг и между электрических кабелей 4 и, как правило, выполнены в виде жестких удлиненных монолитных элементов из пластиковых материалов, например PVC. Электрические кабели 4, возможные проводные/оптоволоконные проводники 5, заполняющий материал 6 и канальные элементы 2, 3, а также по меньшей мере один несущий нагрузку элемент 7, в соответствии с предшествующим описанием, чередуясь друг с другом, уложены и зафиксированы, то есть имеют постоянно изменяющееся направление, по всей длине составного силового кабеля в его продольном направлении или по части длины, или альтернативно, в виде непрерывной спирали. Кроме того, уложенная и зафиксированная скрутка удерживается по существу жесткой при кручении с помощью защитной оболочки 1, опционально путем введения упрочняющей полосы, которую в форме спирали обматывают вокруг упомянутой скрутки непосредственно внутри защитной оболочки 1.

Как отмечалось ранее, жесткие удлиненные пластиковые элементы 2, 3 могут быть выполнены из полупроводникового пластикового материала. Опционально, только внутренние канальные элементы 2 или только внешние канальные элементы 3 или, как было упомянуто, только один одиночный элемент 3<sub>B</sub> могут быть полупроводниковыми. Как отмечалось ранее, защитная оболочка 1 также может быть выполнена из полупроводникового материала.

Жесткие удлиненные профильные элементы 2, 3 могут включать продольно направленные каналы 9, которые сообщаются с радиально направленными отверстиями, щелями и т.п., имеющимися в профильных элементах 2, 3 и проходящими через защитную оболочку 1 таким образом, что вода, заполняющая каналы 9 и упомянутые отверстия, может отводить емкостные токи в окружающую морскую воду.

Электрические силовые кабели 4 могут, в свою очередь, быть трехфазными силовыми кабелями, которые расположены в поперечном сечении в виде треугольника и находятся в контакте либо друг с другом, либо с полупроводниковыми пластиковыми профилями 2, 3.

В качестве примера, иллюстрирующего размеры описанных элементов, без ограничения ими, кабель может иметь поперечное сечение площадью 2000 мм<sup>2</sup>. Расчетный срок службы составляет 30 лет. Следует также понимать, что во все варианты осуществления настоящего изобретения, исходя из фактической необходимости, опционально могут быть дополнительно включены обычные электрические провода для функций управления.

Фиг.2 демонстрирует второй вариант осуществления составного силового кабеля

Кг, который, в свою очередь, сформирован из следующих элементов: скрутка из удлиненных элементов, состоящих из внутренних, промежуточных и внешних канальных элементов 2', 2a', 3', силовых кабелей 4' для передачи больших объемов электрической энергии/мощности, оптоволоконных проводников 5' и несущих нагрузку элементов 7', 7", которые уложены и зафиксированы вместе в упомянутую скрутку. Дополнительно указаны малая и более крупная стальные трубки P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> для передачи текучей среды.

Укладка и фиксирование осуществляется либо посредством SZ-скрутки, либо представляет собой традиционную спиралеобразную укладку и фиксирование. Внешние канальные элементы 3' могут быть выполнены, например, из поливинилхлорида (PVC), а внутренние канальные элементы 2' - из полупроводникового материала. Силовые кабели 4' могут иметь полупроводниковую оболочку из полиэтилена. Несущие нагрузку элементы 7', 7" могут быть выполнены в виде стальных проводов, уложенных в скрутки. В данном случае один из несущих нагрузку элементов 7" представляет собой центральную жилу.

В дополнение, составной силовой кабель Кг может включать один или более низковольтных электрических проводов б', которые присутствуют в поперечном сечении и проложены в продольном направлении по отношению к составному силовому кабелю. Низковольтные провода б' помещают отдельно и снаружи от силовых кабелей 4'.

Упомянутая скрутка может, опционально, скрепляться и удерживаться на месте с помощью упрочняющей полосы. Внешнюю оболочку 1', например, из полиэтилена (PE) экструдируют на упомянутую скрутку.

Внешние, промежуточные и внутренние канальные элементы 2', 2a', 3' уложены по меньшей мере частично вокруг и между электрических кабелей 4' и, как правило, выполнены в виде жестких удлиненных монолитных элементов из пластикового материала. Силовые кабели 4', опциональные проводные/оптоволоконные проводники 5', 6', канальные элементы 2', 2a', 3', а также по меньшей мере один несущий нагрузку элемент 7', 7" в соответствии с предшествующим описанием, чередуясь друг с другом, уложены и зафиксированы, то есть имеют постоянно изменяющееся направление, по всей длине составного силового кабеля Кг или по его части в его продольном направлении, или альтернативно, в виде непрерывной спирали. Кроме того, уложенная и зафиксированная скрутка удерживается по существу жесткой при кручении с помощью защитной оболочки 1, опционально путем введения упрочняющей полосы, которую в виде спирали обматывают вокруг упомянутой скрутки непосредственно под защитной оболочкой 1'.

Как отмечалось ранее, жесткие удлиненные пластиковые элементы 2', 2a', 3' могут быть выполнены из полупроводникового пластикового материала. Опционально, только внутренние канальные элементы 2', или только промежуточные элементы 2a', или только внешние канальные элементы 3' могут быть полупроводниковыми. Также защитная оболочка 1' может быть выполнена из полупроводникового материала.

Фиг.3 демонстрирует третий и наиболее простой вариант осуществления составного силового ДЕН/пиггибек-кабеля К<sub>3</sub>. Данный вариант представляет собой одножильный составной силовой кабель К<sub>3</sub>, который спроектирован и изготовлен для использования в качестве ДЕН-кабеля (кабеля прямого электрического нагрева). Составной силовой кабель К<sub>3</sub> сформирован из одного силового кабеля 4 и множества удлиненных профильных элементов 2, которые уложены в кольцо вокруг силового кабеля 4. По меньшей мере один из упомянутых профильных элементов является полупроводниковым. Между ними присутствуют несколько слоев изоляции. Однако составной кабель может

не иметь металлического экрана, поскольку это оказало бы влияние на его индуктивные характеристики. Также показан оптоволоконный проводник 5, он не является абсолютно обязательным, однако может предпочтительно присутствовать. Он является оптоволоконным проводником, который контролирует состояние составного силового кабеля К<sub>3</sub> и сигнализирует о возможных ошибках в случаях, когда повышается температура внутри упомянутого оптического волокна. В одном из вариантов упомянутый по меньшей мере один оптоволоконный элемент 5 может быть размещен внутри собственно изолирующего слоя, окружающего силовой кабель 4. Обычно, в дополнение, подобный кабель имеет магнитное соединение с трубопроводом.

Фиг.4 демонстрирует четвертый и второй по простоте вариант осуществления составного силового кабеля К<sub>4</sub>. Составной силовой кабель К<sub>4</sub> используют, как правило, во время установки и ремонта. Это также одножильный составной силовой кабель К<sub>4</sub>, который предназначен для использования в качестве ДЕН-кабеля типа пиггибек (кабеля прямого электрического нагрева). Составной силовой кабель К<sub>4</sub> сформирован аналогично составному силовому кабелю К<sub>3</sub>, но с добавлением скруток, собранных из стержней 7 из углеродных волокон, которые представляют собой несущие нагрузку элементы. Осевая прочность необходима в условиях установки модернизированного оборудования на морском дне, а также во время ремонта.

На фиг.5 показан составной силовой кабель К<sub>5</sub> в виде трехжильного составного силового ДЕН-кабеля с тремя силовыми кабелями 4 большого диаметра, одним или двумя оптоволоконными проводниками 5, внешней оболочкой 1 и упомянутыми профильными элементами 2, которые адаптированы для данного составного силового кабеля К<sub>5</sub>.

На фиг.6 показан составной силовой кабель К<sub>6</sub> в виде двухжильного динамического составного силового ДЕН-кабеля с двумя силовыми кабелями 4 большого диаметра, одним или более оптоволоконными проводниками 5, внешней оболочкой 1, большим количеством стержней 7 из углеродного волокна и упомянутыми профильными элементами 2, которые адаптированы для данного составного силового кабеля К<sub>6</sub>. Составной силовой кабель К<sub>6</sub> разработан для эксплуатации на особенно большой глубине.

Фиг.7 демонстрирует динамический составной силовой кабель К<sub>7</sub> в виде комбинированного двухжильного динамического составного силового ДЕН-кабеля и шестижильного высоковольтного кабеля для подводного оборудования. Составной силовой кабель К<sub>7</sub> включает два силовых кабеля 4 большого диаметра, шесть высоковольтных кабелей 4', один или более оптоволоконных проводников 5, внешнюю оболочку 1, большое количество стержней 7 из углеродного волокна и упомянутые профильные элементы 2, адаптированные для данного составного силового кабеля К<sub>7</sub>. Составной силовой кабель К<sub>7</sub> разработан для сочетания в одном кабеле функций ДЕН и силовых кабелей для подводного оборудования, например, насосных станций.

Фиг.8 демонстрирует составной силовой кабель К<sub>8</sub> в виде двухжильного динамического составного силового ДЕН-кабеля, разработанного для прокладки на глубине, не превышающей приблизительно 1000 метров. Составной силовой кабель К<sub>8</sub> включает четыре силовых кабеля 4 большого диаметра, один или более оптоволоконных проводников 5, внешнюю оболочку 1, большое количество балластных стальных стержней 7", имеющих большее и меньшее поперечное сечение, и упомянутые

профильные элементы 2, которые адаптированы для данного составного силового кабеля  $K_8$ .

На фиг.9 показан "пиггибек"-кабель  $K_3$  на добывающем трубопроводе 10, при этом кабель  $K_3$  укладывают и надежно закрепляют в системе ДЕН-нагрева.

Фиг.10 схематически показывает поперечный разрез ДЕН-кабеля, на котором хорошо виден радиально направленный водяной канал  $C_1$ . Водяной канал  $C_1$  может быть просверлен соответствующим образом, например, в виде отверстия диаметром 10 мм, через внешнюю оболочку 1, профильные элементы 2, 3 и в направлении силового кабеля 4. Также показан водяной канал  $C_2$  между внешней оболочкой 11 силового кабеля 4 и внутренней стенкой профильных элементов 3. Толщина канала показана равной 3 мм, не ограничиваясь указанным. Таким образом, канал  $C_2$  выполнен по всей длине кабеля в продольном направлении и прерывается радиально направленными каналами  $C_2$  через определенные интервалы. Также показан оптоволоконный кабель 5.

Фиг.11 схематично демонстрирует диаграммы тока и напряжения для емкостных токов для различных расстояний между водяными каналами  $C_1$  в продольном направлении кабеля и без оптоволоконного проводника в его поперечном сечении. Диаграммы показывают результаты для случаев, когда водяные каналы, или отводные отверстия  $C_1$ , расположены на расстоянии 10, 100 и 1000 метров друг от друга по длине составного силового кабеля  $K$ . В проведенном анализе наблюдалось влияние емкостных заряжающих токов на нарастание напряжения относительно внешней полупроводниковой оболочки 1 кабеля, имеющей толщину 6 мм. Напряжение в кабеле между проводником и землей составляло 10 кВ при 50 Гц.

На фиг.12 показан еще один вариант "пиггибек"-кабеля  $K_3$  на добывающем трубопроводе 10, при котором три кабеля установлено и надежно закреплено на добывающем трубопроводе 10 на приблизительно равном расстоянии друг от друга по окружности трубопровода. Упомянутые кабели распределены по окружности для уменьшения рабочей температуры.

На фиг.13 схематично показано распределение электрического тока в ДЕН-системе. Если бы система нагрева, то есть вся система трубопроводов, соединений и кабелей, была электрически изолирована от морской воды, то весь ток от распределителей передавался бы в стальной трубе, что дает оптимальную эффективность системы. Однако, с практической точки зрения, и в течение всего срока эксплуатации системы, невозможно поддерживать идеальную изоляцию системы нагрева от морской воды. Следовательно, электрический дефект вследствие старения или повреждения изоляции в результате различных обстоятельств оказывает значительное влияние на безопасность и надежность системы.

#### Формула изобретения

1. Интегрированный составной кабель ( $K$ ) высокой мощности, предназначенный для использования в качестве кабеля прямого электрического нагрева, включающий по меньшей мере один кабель (4) высокой мощности для передачи больших объемов электрической энергии / мощности, заполняющий материал (2, 3) в виде жестких удлиненных пластиковых элементов, уложенных по меньшей мере частично вокруг и между упомянутых кабелей (4) высокой мощности, которые собраны вместе в витую скрутку посредством операции укладки и фиксирования, а также защитную оболочку (1), которая охватывает упомянутые кабели (4) высокой мощности и упомянутый

заполняющий материал (2, 3), отличающийся тем, что окружающие элементы, то есть  
заполняющий материал (2, 3) и оболочка (1), выполнены из полупроводникового  
материала, при этом упомянутый полупроводниковый материал способен отводить,  
или рассеивать, емкостные токи, возникающие в упомянутом составном кабеле (К)  
5 высокой мощности, когда упомянутый кабель (4) высокой мощности передает большие  
объемы электрической энергии/мощности, при этом упомянутые жесткие удлиненные  
пластиковые элементы (2, 3) включают продольно направленные каналы ( $C_2$ ) для  
приема морской воды, а упомянутая защитная внешняя оболочка (1) включает по  
существу радиально направленные каналы ( $C_1$ ), сообщающиеся с упомянутыми  
10 продольно направленными каналами ( $C_2$ ), при этом упомянутая морская вода образует  
средство для отвода, или рассеивания, емкостных токов, формируемых в составном  
кабеле высокой мощности, при этом в поперечном сечении упомянутого составного  
кабеля высокой мощности имеется по меньшей мере один дополнительный  
15 металлический высокоомный электрический проводник (8), проложенный в продольном  
направлении составного силового кабеля, при этом упомянутый по меньшей мере один  
электрический проводник (8) расположен отдельно и снаружи по отношению к  
упомянутым кабелям (4) высокой мощности, причем упомянутый по меньшей мере  
один электрический проводник (8) способен отводить, или рассеивать, емкостные токи,  
20 возникающие в упомянутом составном кабеле (К) высокой мощности при передаче  
больших объемов электрической энергии/мощности.

2. Интегрированный составной кабель по п. 1, отличающийся тем, что упомянутые  
жесткие удлиненные пластиковые элементы (2, 3) и/или внешняя защитная оболочка  
(1) выполнены из полупроводникового материала, например полиэтилена (PE),  
25 поливинилхлорида (PVC), полипропилена (PP) или акрилонитрил-бутадиен-стирола  
(ABS), каждый с добавлением углерода.

3. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что по  
меньшей мере один оптоволоконный проводник (5) размещен в упомянутом составном  
кабеле высокой мощности, при этом упомянутый оптоволоконный проводник (5)  
30 способен непрерывно контролировать состояние упомянутого составного кабеля (К)  
высокой мощности, причем изменение температуры или длины волокна будет  
формировать сигнал предупреждения.

4. Интегрированный составной кабель (К) высокой мощности по п. 1 или 2,  
отличающийся тем, что упомянутые электрические кабели (4) высокой мощности,  
35 заполняющий материал (2, 3) и по меньшей мере один электрический проводник (8)  
уложены и зафиксированы в SZ-скрутку, то есть поочередно уложены и зафиксированы  
с использованием постоянно изменяющегося направления, в продольном направлении  
по всей длине или по ее части упомянутого составного кабеля высокой мощности, при  
этом упомянутая уложенная и зафиксированная SZ-скрутка удерживается по существу  
40 жесткой при кручении с помощью защитной оболочки (1), альтернативно, укладка и  
фиксирование осуществлены традиционным способом.

5. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что  
упомянутые электрические кабели (4) высокой мощности, заполняющий материал (2,  
3) и по меньшей мере один электрический проводник (8) уложены и зафиксированы  
45 традиционным образом в спираль.

6. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что  
упомянутые электрические кабели (4) высокой мощности представляют собой  
трехфазные кабели, причем трехфазные кабели расположены в виде треугольника в

его поперечном сечении, и при этом они контактируют либо друг с другом, либо с полупроводниковыми профилями.

5 7. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что он включает электрические провода (6') и/или оптоволоконные проводники (5, 5'), которые также уложены и зафиксированы в SZ-конфигурации, и расположены внутри внешней оболочки (1, 1'), альтернативно - уложены и зафиксированы традиционным способом.

10 8. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что по меньшей мере один несущий нагрузку элемент (7, 7', 7'') имеет заранее заданное местоположение в поперечном сечении составного кабеля (К) высокой мощности, при этом элемент или элементы (7, 7', 7'') также уложен и зафиксирован в SZ-конфигурации, альтернативно - уложен и зафиксирован традиционным способом.

15 9. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что он включает антиротационную полосу, или упрочняющую полосу, или ленту, которая спирально намотана вокруг упомянутой скрутки непосредственно под защитной оболочкой (1, 1'), альтернативно, упомянутая упрочняющая полоса, или лента, спирально намотана вокруг упомянутой скрутки в два или более слоя, уложенные и зафиксированные в противоположных направлениях.

20 10. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что упомянутые несущие нагрузку элементы (7, 7', 7'') представляют собой стержни с углеродными волокнами, стальные нити, стальной провод или их комбинацию.

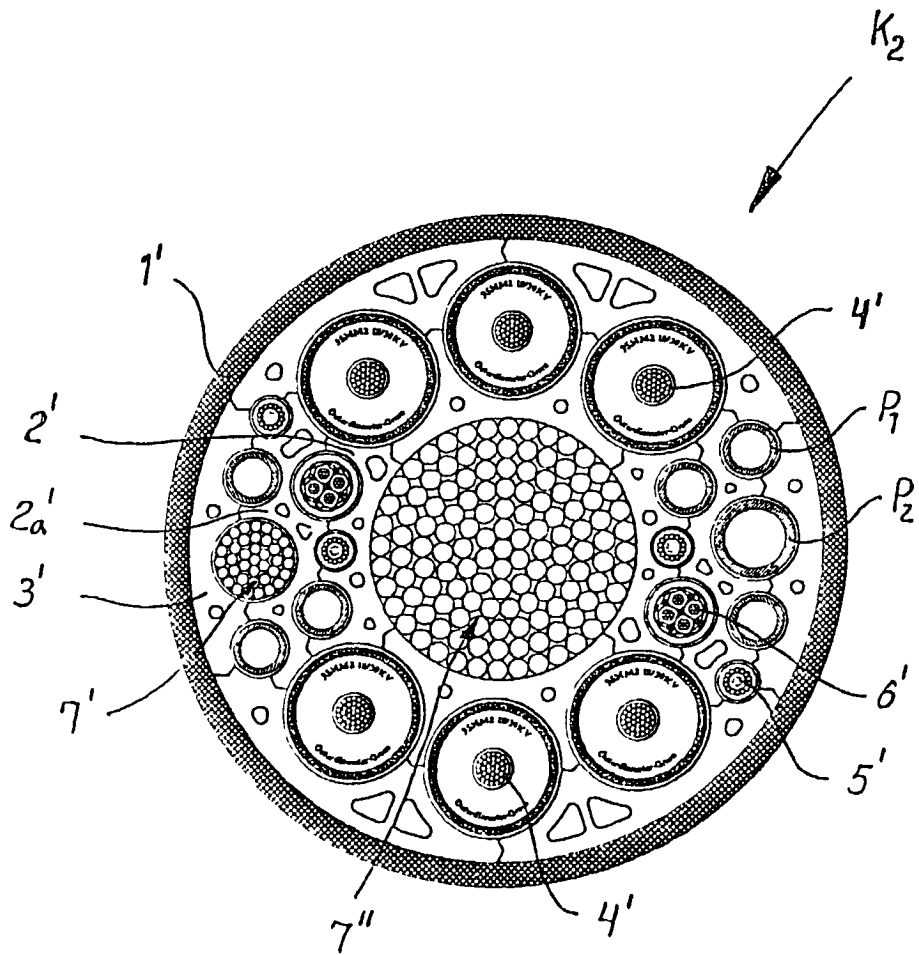
25 11. Интегрированный составной кабель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что составной силовой кабель в поперечном сечении имеет по меньшей мере одну трубку (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>) для текучей среды, выполненную из высокоомного или непроводящего металла и/или пластикового материала, уложенного и зафиксированного в одной конфигурации с другими элементами.

30

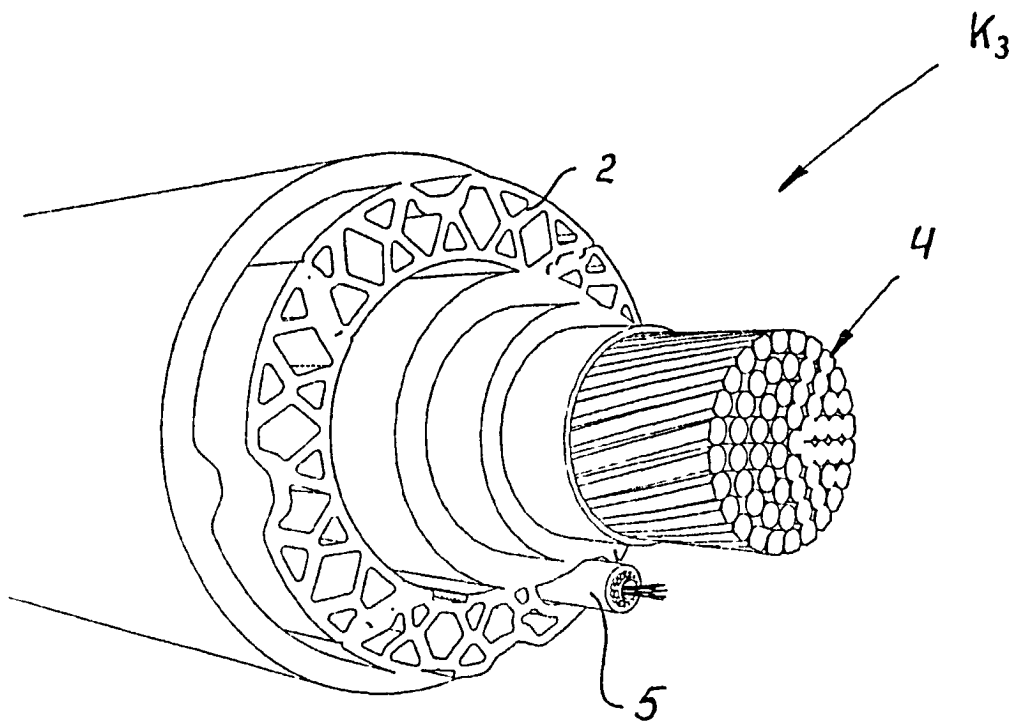
35

40

45

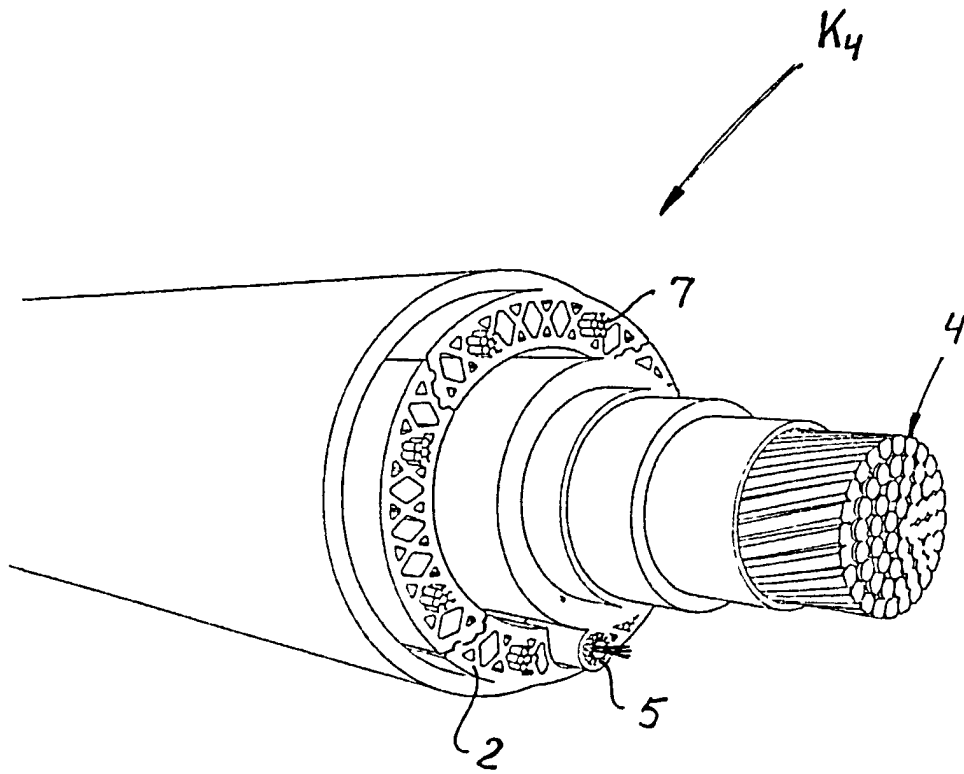


Фиг.2

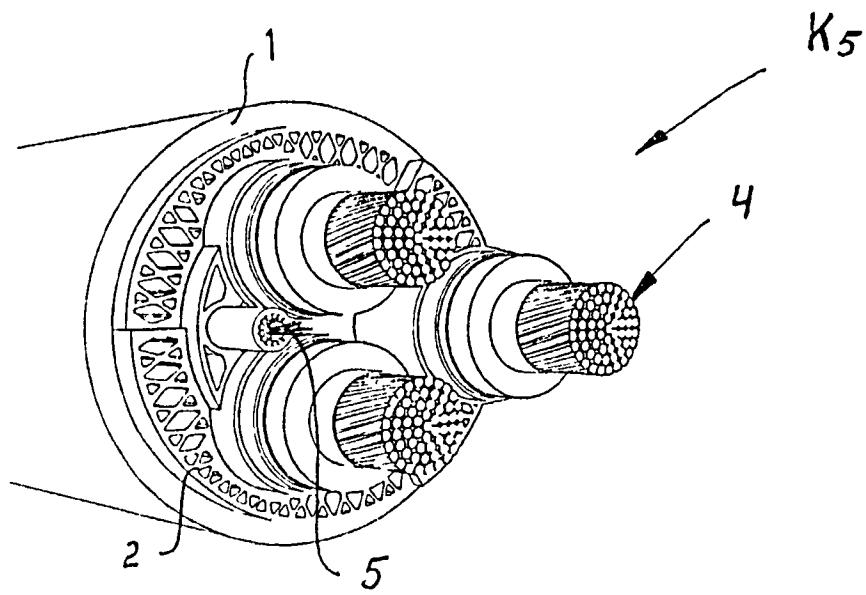


Фиг.3

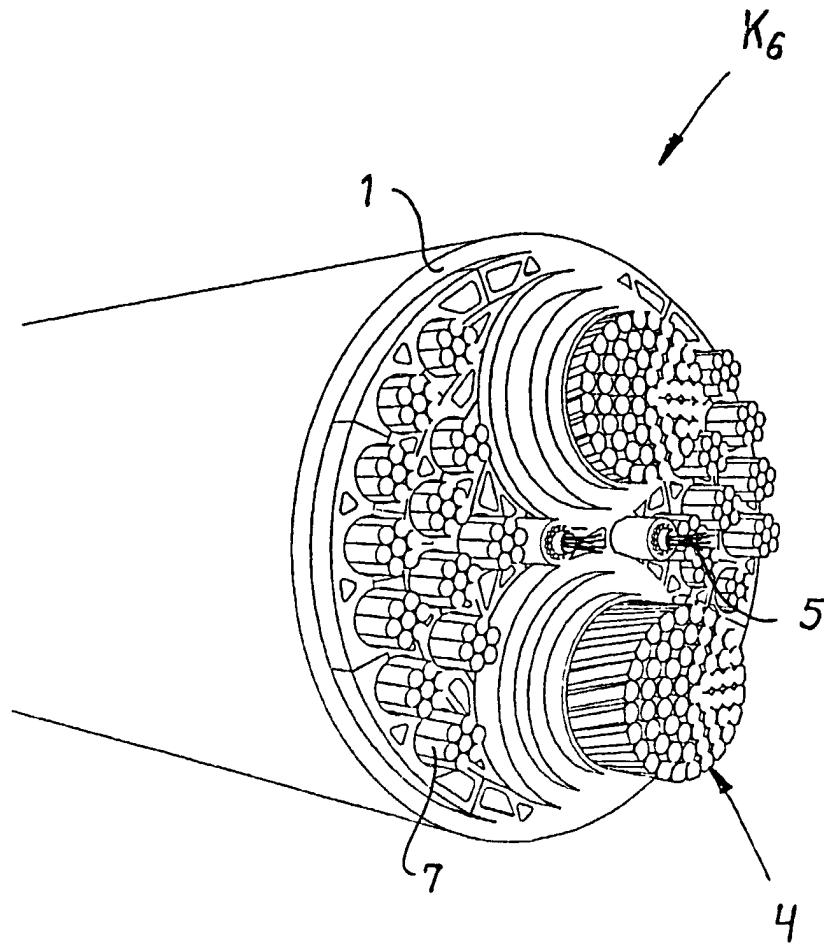




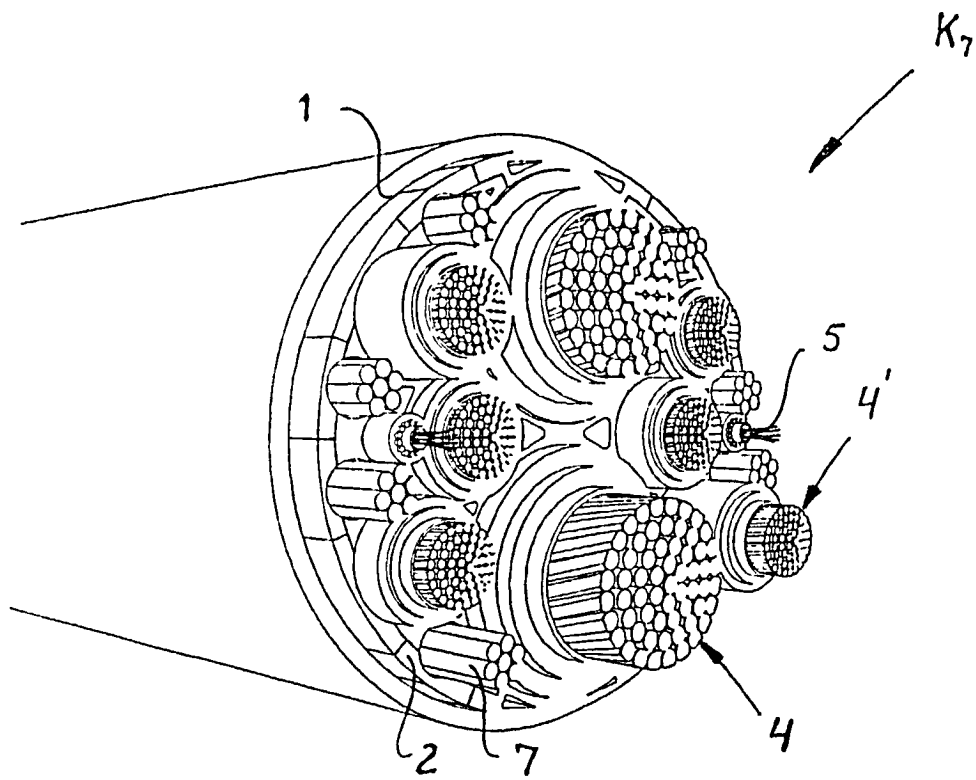
Фиг.4



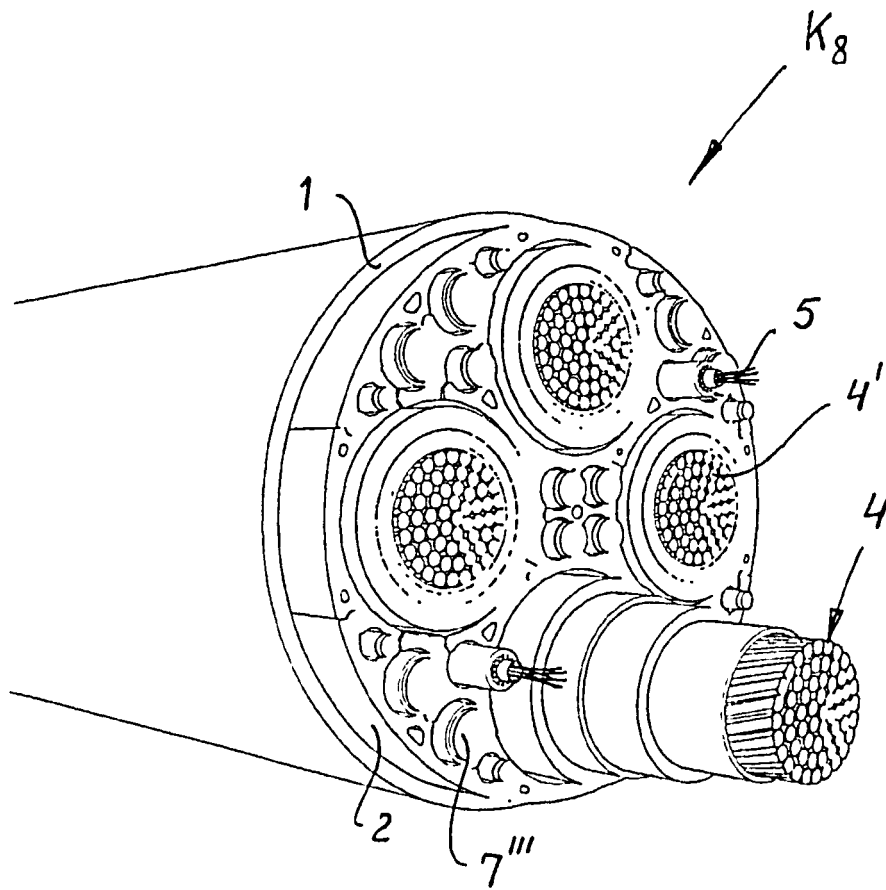
Фиг.5



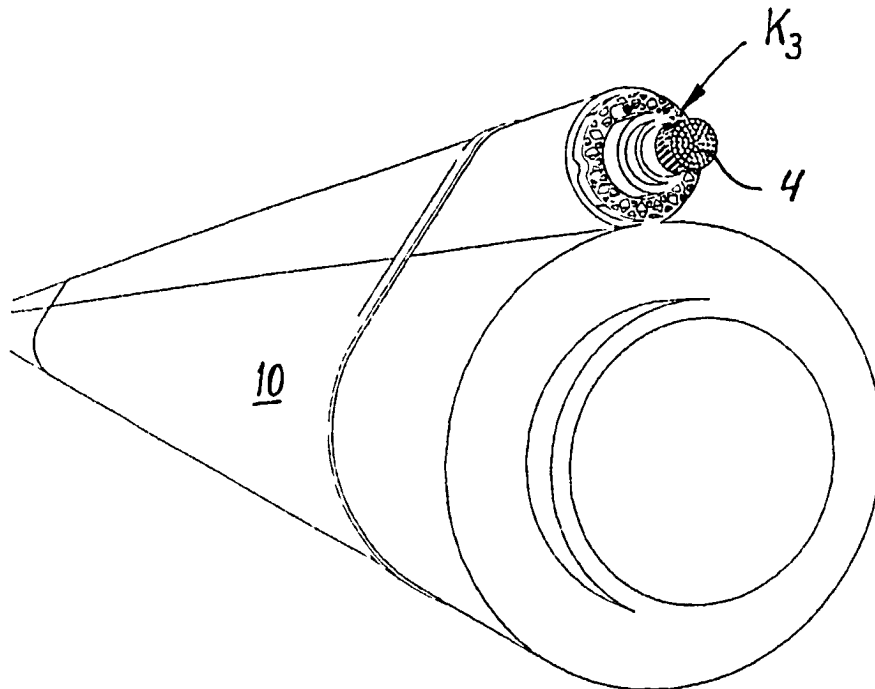
Фиг.6



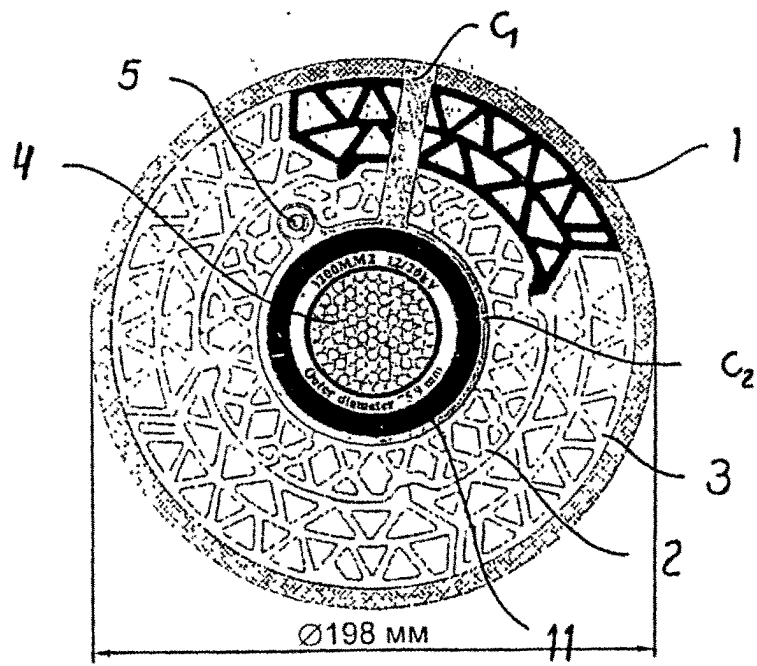
Фиг.7



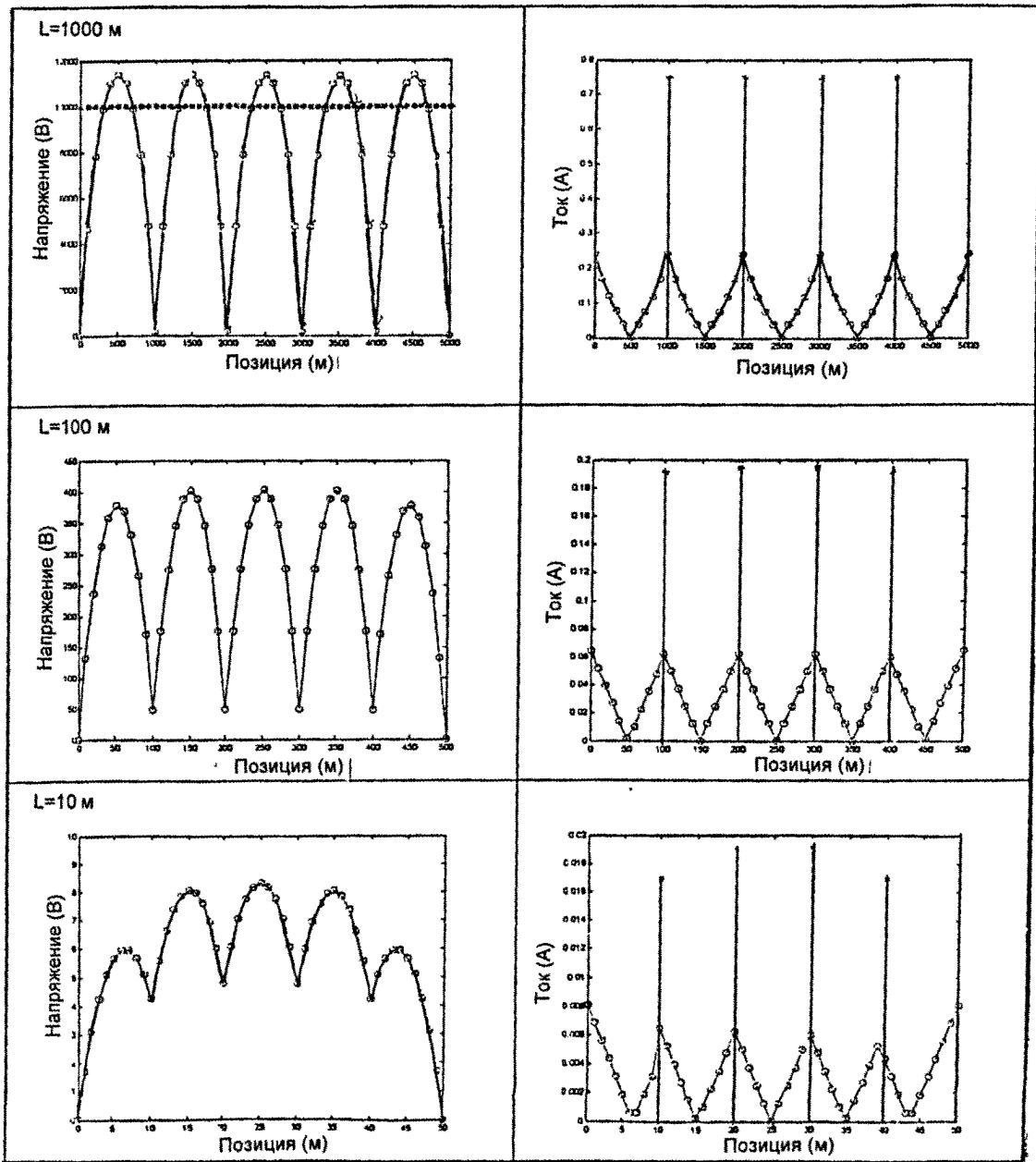
Фиг.8



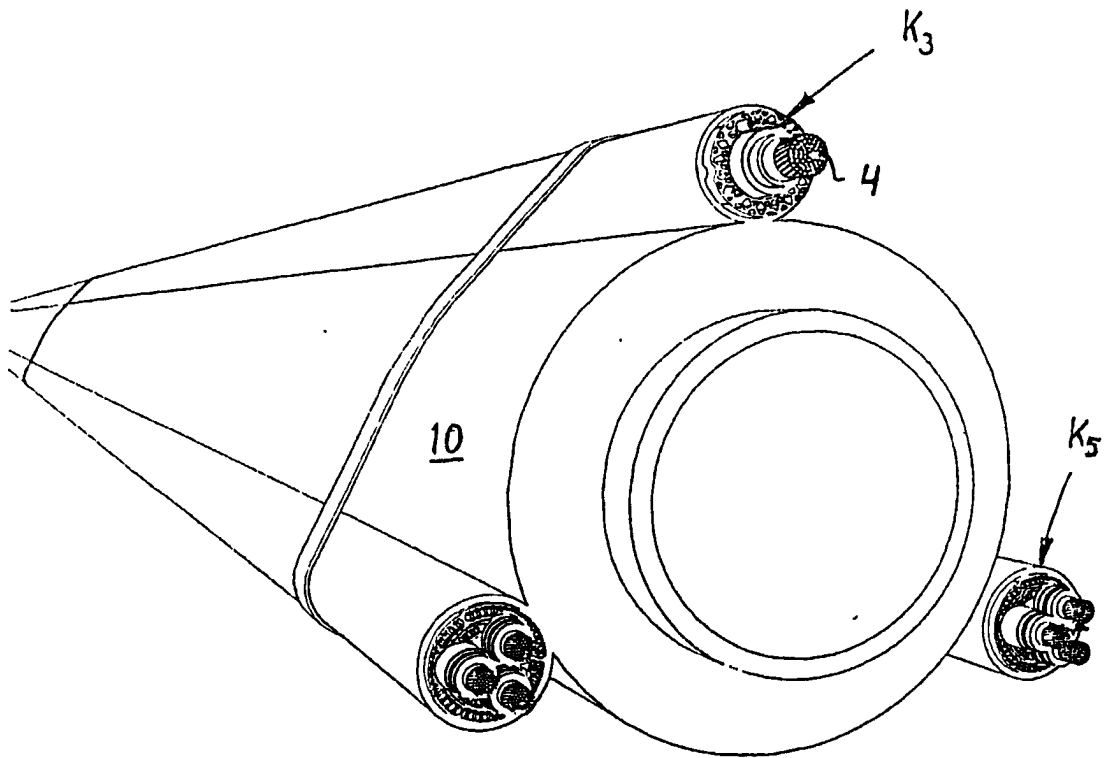
Фиг.9



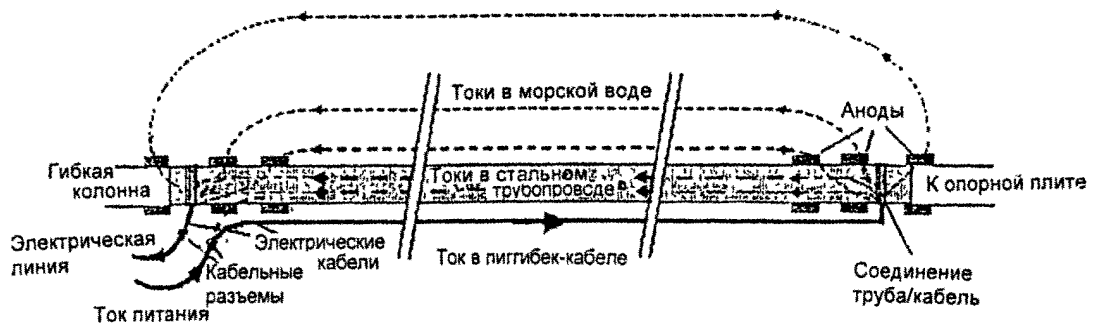
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг.12



Фиг.13